

## Robotik in der Außenwirtschaft

### Entwicklungskonzepte und tendenzielle Einflussmöglichkeiten auf die Prozesssteuerung durch den Landwirt

Franz Hillerbrand<sup>1</sup>, Maximilian Treiber<sup>2</sup>, Josef Bauerdick<sup>2</sup> und Heinz Bernhardt<sup>2</sup>

**Abstract:** In den letzten Jahrzehnten wurde einem Mangel an Arbeitskräften im primären Sektor mit einer Steigerung der Schlagkraft von Maschinen begegnet, was negative Umweltauswirkungen nach sich zog. Neue Automatisierungstechnologien bieten Chancen für eine nachhaltigere Wirtschaftsweise. Dabei entstehen, durch Kommunikations- und Datenverarbeitungstechnologien, Cyber-physische Systeme, die den Grundstein für die Nutzung von Robotern in der Landwirtschaft legen. Ein viel diskutierter Ansatz ist der Einsatz von Roboterschwärmen, in denen viele kleine Roboter autonom arbeiten und sich selbst organisieren. Dem Landwirt bleiben Aufgaben wie Planung, Überwachung und die Reaktion auf Notfälle. Diese Arbeit untersucht die Entwicklung der Marktsituation für Robotik-Lösungen in der Außenwirtschaft und geht dabei auf die Chancen und Risiken ein, die sich aus der Technologie für das Arbeitsumfeld des Landwirts ergeben. Außerdem wird beleuchtet, inwieweit sich das Bild von Roboterschwärmen aus Kleinstmaschinen in Zukunft verändern könnte und welchen Einfluss Dateninfrastruktursysteme dabei haben werden.

**Keywords:** Robotik, Außenwirtschaft, Landwirtschaft, Digitalisierung, Arbeitsplatzgestaltung, Prozesssteuerung

## 1 Einleitung

Der Trend zur Steigerung der Schlagkraft durch immer größere und schwerere Maschinen kommt durch produktionstechnische, regulatorische und umweltpolitische Rahmenbedingungen an Grenzen. Eine mögliche Lösung um der anhaltenden Arbeitsknappheit im Primären Sektor zu begegnen und die Schlagkraft weiter zu steigern, ist daher eine weitere Automatisierung in der Landtechnik. In diesem Prozess müssen Kommunikations- und Datenverwaltungssysteme in cyber-physischen Systemen mit bestehenden Automatisierungslösungen von Landmaschinen verknüpft werden. Cyber-physische Systeme werden bereits von verschiedensten Institutionen genutzt [He17]. In wachsendem Umfang ermöglichen sie die Steuerung, Regelung und Optimierung von landwirtschaftlichen Maschinen, Logistikketten, Qualitätssicherungs- und Managementsystemen. Damit schaffen sie die Grundlage für den Einsatz von Robotern in der Landwirtschaft, die bislang an den komplexen Umweltbedingungen

---

<sup>1</sup> Hofgut Schrittenlohe, Schrittenlohe 1, 85283 Wolnzach, franziskus.hillerbrand@tum.de

<sup>2</sup> TUM, Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, maximilian.treiber@wzw.tum.de, josef.bauerdick@wzw.tum.de, heinz.bernhardt@wzw.tum.de

landwirtschaftlicher Produktionssysteme scheiterten. Um die besagten Informationssysteme jedoch an landwirtschaftliche Robotik-Lösungen anzubinden, müssen vor allem in ländlichen Gegenden bessere Kommunikationsnetzwerke mit modernen Übertragungstechnologien ausgebaut werden [Fi18]. Pedersen et al. legten den Status quo von Feldrobotern bereits dar, was die Diskussion über die Potenziale selbst kommunizierender Maschinen eröffnet hat [PBF08]. In Zukunft werden Roboter die landwirtschaftliche Praxis in kleinen wie in großen Szenarien verändern [Mi15], zu Boden, wie auch in der Luft [SCL17]. Um das Potenzial von Robotern in der Landwirtschaft auszunutzen, können dabei nach bisherigem Kenntnisstand entweder konventionelle Landmaschinen vollständig automatisiert werden oder autonome Schwärme aus Kleinstrobotern zum Einsatz kommen.

## **2 Material und Methoden**

Basierend auf einem Überblick über Firmen, die bereits heute Roboter für die Außenwirtschaft anbieten, wird eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt. Weitere Anwendungsfälle und Entwicklungen landwirtschaftlich nutzbarer Roboter werden für die Zukunft (mittel- und langfristig) identifiziert. Dabei kann kein Anspruch auf Vollständigkeit der erfassten Lösungen erhoben werden. Im Anschluss wird ein selbst entwickeltes Klassifizierungssystem für Landwirtschaftliche Robotik-Lösungen und -Teilsysteme angewendet. Die gefundenen Anwendungsfälle und Technologien werden in luftgetragene und erdgebundene Systeme eingeteilt. Im nächsten Schritt wird die Interaktion mit Telemetrie- und Datenmanagement-Systemen diskutiert. Anschließend wird der Einfluss der Anwendungsfälle auf externe Stakeholder und den Landwirt, durch die Interaktion über die genannten Systeme, evaluiert. Abschließend werden die Ergebnisse im Hinblick auf den Einfluss des Technologiewandels auf das Arbeitsumfeld des Landwirts diskutiert und ermittelt, welche Möglichkeiten sich daraus in der Zukunft ergeben könnten. Außerdem wird beleuchtet, inwieweit sich das Bild von Roboterschwärmen aus Kleinstmaschinen in Zukunft verändern könnte und welchen Einfluss Dateninfrastruktursysteme dabei haben werden.

## **3 Ergebnisse und Diskussion**

Im Laufe der Recherche wurden 228 Unternehmen und die dazugehörigen Angebote im Bereich landwirtschaftlich nutzbarer Robotik erfasst. Von diesen Unternehmen bieten heute bereits 49 Roboter an. Im Gegensatz dazu gibt es mit 137 Unternehmen beinahe dreimal so viele, die sehr wahrscheinlich mittelfristig entsprechende Lösungen auf den Markt bringen werden. Die Tatsache, dass 42 Unternehmen bereits ihre langfristige geplanten Robotik-Lösungen kommunizieren, spricht für einen anhaltenden Trend. Die weitere Kategorisierung der gefundenen Robotik-Konzepte ist in Abbildung 1 zu sehen.

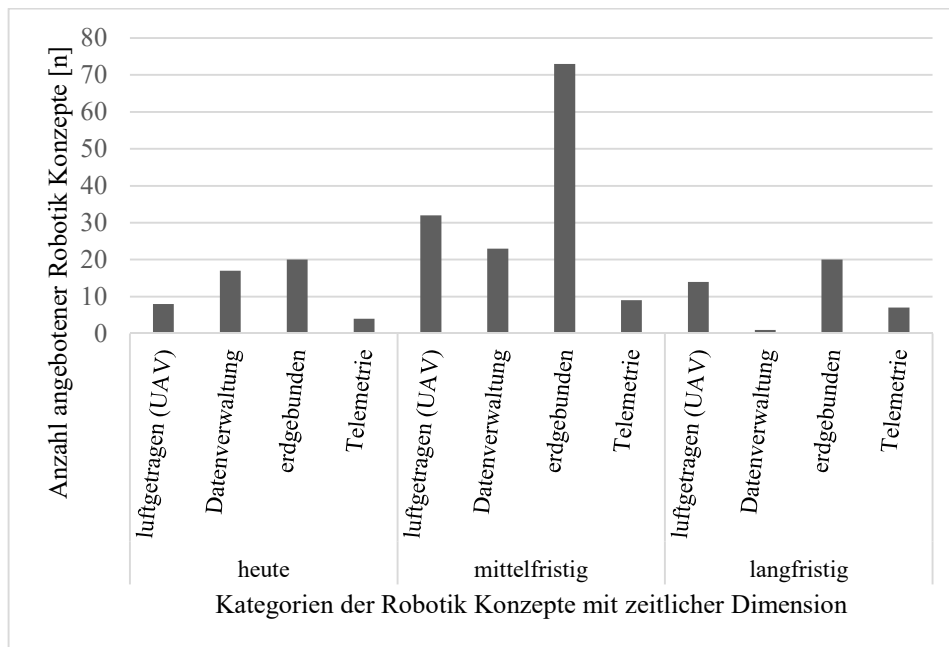


Abb.1: Verfügbarkeit von Robotik-Lösungen am Markt in Kategorien

Insgesamt spielen die erdgebundenen Roboter die wichtigste Rolle. Luftgetragene Roboter (unmanned aerial vehicles – UAV) für die Fernerkundung, Überwachung oder Präzisionsarbeiten wie den Pflanzenschutz oder die Düngung in Steillagen oder auf Sonderkulturen (z. B. Weinbau), sind ausgereift und verfügbar und werden auch mittelfristig vermehrt angeboten werden. In den beiden letzten Kategorien, den Datenmanagementsystemen und Telemetrielösungen, müssen die vorliegenden Ergebnisse vorsichtig interpretiert werden, da die Grenzen zwischen diesen Kategorien mitunter fließend sind. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass diese beiden Kategorien in einer gemeinsamen Kategorie bewertet und diskutiert werden sollten, da sie häufig die gemeinsame Grundlage dafür bilden, dass ein angebotenes Robotik-System erfolgreich in der Landwirtschaft eingesetzt werden kann. Allgemein ist aus Abbildung 2 ersichtlich, dass die Robotik in der Außenwirtschaft mittelfristig eine starke Steigerung des Angebots erfahren wird. Erdgebundene Roboter, der Einsatz von Drohnen sowie die Nutzung von Telemetrie und Datenmanagementsystemen zur effizienten Nutzung dieser Hardware, werden in den nächsten Jahren weiter verbreitet sein. Die starke Kommunikation der Unternehmen bezüglich ihrer Konzeptstudien spricht hierbei für einen anhaltenden Trend. Für die Landwirte bedeutet das, dass sie mit der Anwesenheit dieser Technologien in ihrem täglichen Arbeitsumfeld rechnen können. Bei Betrachtung der eigenständigen erdgebundenen Roboter für die Außenwirtschaft, die bereits auf dem Markt sind, können aus der vorhandenen Analyse acht verschiedene Ansätze identifiziert werden. Diese sind in Abbildung 2 zu sehen. Berücksichtigt wurden erdgebundene Roboter, die mindestens

als Prototypen verfügbar sind oder konzeptionell für den Feldeinsatz getestet werden.

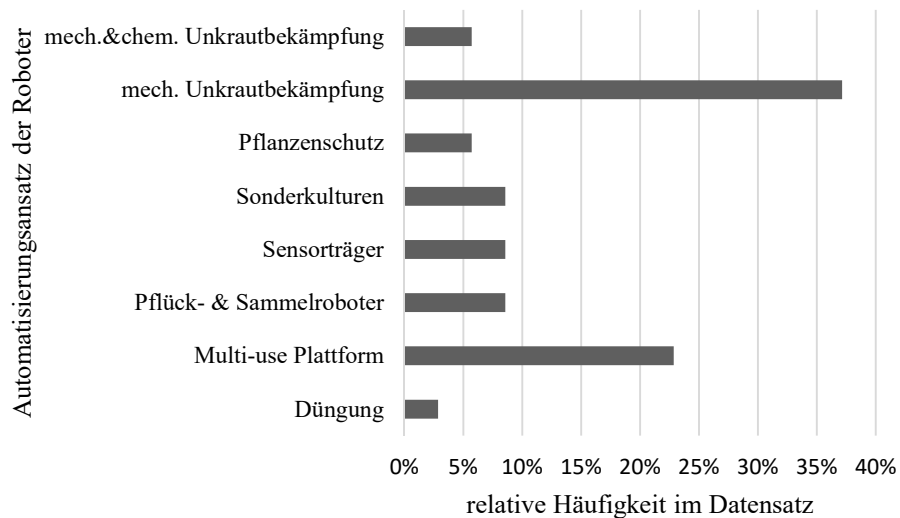


Abb. 2: Automatisierungsansätze bereits verfügbarer erdgebundener Roboter für die Außenwirtschaft

Unter diesen ist der verbreitetste Ansatz die mechanische Unkrautbekämpfung, gefolgt von Multi-use Plattformen, die verschiedene Anbaugeräte aufnehmen können. In der Häufigkeit nachfolgend sind Sensorplattformen und Ernteroboter in Form von automatischen Pflückwerkzeugen, die ebenfalls stark auf Sensorik und Bildauswertung vertrauen. Abschließend sind Roboter für den chemischen Pflanzenschutz oder Kombinationen aus chemischem und mechanischem Pflanzenschutz in einem Gerät zu nennen. Außerdem existieren alleinstehende Lösungen für Sonderkulturen wie z. B. die Spargelernte oder die Pflege von Hopfengärten. Diese Roboter unterscheiden sich durch ihre spezialisierte Anwendung stark von den vorhergehend genannten Konzepten. Eine wichtige Beobachtung aus dem Datensatz ist, dass die meisten der Roboter klein und leicht sind, womit sie dem gesellschaftlich verbreiteten Bild kleiner Schwarmroboter entsprechen. Andere, wie einige Spritzroboter und vor allem die Trägerplattformen für Anbaugeräte, sind größer und haben ein höheres Gewicht. Ausgehend davon, dass ein Anbausystem üblicherweise aus vielen verschiedenen Maschinen für die verschiedenen anfallenden Arbeiten besteht, wird ein einziger Roboter kaum in der Lage sein, das gesamte Anbausystem zu automatisieren. Daher ist es sehr wahrscheinlich, dass auf den Betrieben der Zukunft verschiedene Roboter für unterschiedliche Aufgaben eingesetzt werden, wobei sie alle untereinander kommunizieren und zusammenarbeiten müssen. Dafür sind im Gegenzug die Telemetrie und Datenverwaltungssysteme wichtig, die als Entscheidungsunterstützende Einheiten den Landwirt beim Management dieser komplexen Roboterflotten unterstützen.

Die kleineren Roboter eignen sich generell besser für Arbeiten wie Unkrautbekämpfung, Saat, Fernerkundung oder chemischen Pflanzenschutz. Einige von ihnen werden einen erheblichen Einfluss auf das Arbeitsumfeld der Landwirte haben, da sie zu einem gewissen Grad menschliche Arbeitskraft ersetzen können. Das gilt besonders für Aufgaben wie das Pflücken von Früchten oder die Ernte von Sonderkulturen, die in der Vergangenheit viele Arbeiter benötigten [Ca14]. Aufgaben wie die Bodenbearbeitung dagegen benötigen die größeren und kräftigeren Trägerplattformen für Anbaugeräte. In Zukunft werden voraussichtlich die kleinen Roboter mit mittelgroßen Maschinen gemeinschaftlich in einem Anbausystem eingesetzt werden. Aus Sicht des Landwirts müssen solche Roboterschwärme aus verschiedenen Maschinen reibungslos zusammenarbeiten und kommunizieren. Deshalb sind die Weiterentwicklung von Farm Management Information Systems und neue Ansätze für die Maschinenkommunikation (machine-to-machine und human-to-machine) von großer Wichtigkeit. Aus Sicherheitsgründen sollte dabei der Landwirt stets die Möglichkeit behalten, im Notfall die direkte Kontrolle über eine Maschine übernehmen zu können [Gr17].

Der kombinierte Einsatz kleiner und größerer autonomer Landmaschinen wird dazu beitragen, den Nutzen der Robotik in der Landwirtschaft zu maximieren. Vorteile, die durch die Roboter erzielt werden können, sind eine höhere Qualität der Arbeitserledigung, die Minderung von Schadverdichtungen, die Entlastung der Fahrer, die Vermeidung von Unfällen und eine bessere Auslastung der Maschinenkapazitäten [Ed16]. Sie stehen den Risiken der Technologie wie z. B. Verlust an Entscheidungsfreiheit beim Landwirt, Polarisierung der Arbeit, einer höheren Komplexität der zu verrichtenden Arbeiten und erhöhtem Stress durch dauerhafte Anforderung nach Verfügbarkeit beim Landwirt, entgegen [Ze18]. Der Transfer von branchenfremden Technologielösungen in der Robotik bringt jedoch auch große Möglichkeiten mit sich. Gut ausgebildete, junge Fachkräfte können wieder von Unternehmen der Agrarbranche angezogen werden. Dabei können neue Arbeitsplätze im ländlichen Raum geschaffen werden, die dabei helfen, strukturschwache Regionen zu stärken und die negativen Effekte der Urbanisierung zu mindern [Du18].

#### **4 Schlussfolgerungen**

Roboter steigern die Effizienz der Pflanzenproduktion und helfen die negativen Umweltauswirkungen größerer Landmaschinen zu mindern. Am weitesten verbreitet sind Roboter für den mechanischen Pflanzenschutz und multifunktionale Trägerplattformen für Anbaugeräte. Mittelfristig kann eine große Steigerung des Angebots und der Marktdurchdringung angenommen werden. Kombinierte Roboterschwärme aus kleinen, leichten Robotern und mittelgroßen, autonomen Landmaschinen begünstigen die Skalierbarkeit der Robotik auf verschiedenste Pflanzenbausysteme. Für die Verwaltung solcher Schwärme müssen, parallel zur Entwicklung der Roboter, weiterhin leistungsfähige Telemetrielösungen und Datenmanagementsysteme geschaffen werden. Die sozioökonomischen Risiken von Robotern in der Außenwirtschaft bleiben ungewiss

und stellen das Bestehen des Berufs des Landwirts nach bisheriger Definition in Frage. Seine Erfahrungen und berufliche Expertise werden in Zukunft von digitalen Systemen in Frage gestellt. Daher werden sowohl die Anforderungen an Aus- und Weiterbildung steigen als auch die Bereitschaftszeiten zur Überwachung autonomer Systeme. Im Gegenzug dazu können Roboter die Qualität der Arbeitsverrichtung steigern, Stress aus monotonen Arbeiten und physische Belastungen mindern sowie die Exposition in Gefahrensituationen verringern. Eine große Chance für die Zukunft ist die Schaffung neuer, gut bezahlter Arbeitsplätze für hochqualifizierte Experten in strukturschwachen, ländlichen Regionen.

#### Literaturverzeichnis

- [He17] Herlitzius, T.: Automation and Robotics – The Trend Towards Cyber Physical Systems in Agriculture Business. AVL List GmbH, TU Dresden, Dresden, 2017.
- [Fi18] Fitzek, F.: Echtzeitfähige Funkvernetzung für hochautomatisierte Arbeitsmaschinen und -prozesse in der Landwirtschaft. Landtechnik der Zukunft. TU Dresden, 2018.
- [PBF08] Pedersen, S., Blackmore, B., Fountas, S.: Agricultural Robots – Applications and Economic Perspectives. Service Robot Applications, 2008.
- [Mi15] Minßen, T.-F.: Mit autonomen Landmaschinen zu neuen Pflanzenbausystemen. Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge. Braunschweig, 2015.
- [SCL17] Scherer, M., Chung, J., Lo, J.: Commercial Drone Adoption in Agribusiness – Disruption and Opportunity. Ipsos Business Consulting, Beijing, 2017.
- [CA14] Calderone, L.: Robotic Farming For The Future. Industrial Robotics, 2014.
- [Gr17] Griepentrog, H.: Der Landwirt bleibt unverzichtbar. Agrarzeitung, 45/13, 2017.
- [Ed16] Eder, J.: Die Traktorroboter kommen. Traction 16/3, 2016.
- [Ze18] Zecha, C.: XAVER – Roboterschwarm für das Feld. Landtechnik der Zukunft. TU Dresden, 2018.
- [Du18] Duckett, T., Pearson, S., Blackmore, S., Grieve, B.: Agricultural Robotics. The Future of Robotic Agriculture. UK-RAS Network, 2018.